

空間的競争モデルの展望

－ マルチエージェントシミュレーションの可能性 －

白石秀壽*・三浦政司**

A Review and Prospects for the Future Research on Spatial Competition Model: A Feasibility Study on Multi-agent Simulation for Spatial Competition Model

SHIROISHI Hidetoshi*, MIURA Masashi**

キーワード：空間的競争，立地，製品差別化，マルチエージェントシミュレーション

Key Words: Spatial Competition, Location, Product Differentiation, Multi-agent Simulation

I. 問題意識

空間的競争は、小売業の立地競争や製造業者の水平的製品差別化の文脈において、マーケティング学者がしばしば注目してきたトピックである (Brown, 1989; Lancaster, 1990; Moorthy, 1993)。その研究は Hotelling (1929) の先駆的モデルからスタートする。彼は、消費者が一様に分布する線分市場において、「同質財を販売する 2 人の売り手はどちらも中央に立地する」と結論付けている¹。この結論は最小差別化原理 (principle of minimum differentiation) と呼ばれ広く知られている。ホテリングモデルは、競合する 2 つの小売店が隣接していたり、同一製品カテゴリーにおいて、類似した製品が市場に氾濫していたりするような企業の同質化行動を説明するのに用いられ、また市場競争の文脈だけでなく、政党が掲げる政策と有権者の投票行動にも応用されてきた²。

このようにホテリングモデルは応用可能性が高いが故にマーケティング学者や経済学者を始めとして社会科学の研究者を魅了してきた理論モデルの 1 つであり、多くの理論家によって、様々な拡張が試みられてきた。その一部においては、オリジナルの主張、すなわち最小差別化原理とは正反対の結論が得られている。たとえば、d'Aspremont, Gabszewicz and Thisse (1979) は、ホテリングモデルの状況 (1 次元上の立地競争) に加えて価格競争を想定することによって、正反対の結論、すなわち「2 人の売り手はそれぞれ線分市場の両極に立地する」という最大差別化原理 (principle of maximum differentiation) が導かれることを明らかにしている。その他の拡張モデルとしては、市場空間を線分市場から 2 次元または N 次元上へと拡張した研究 (e.g., Tabuchi, 1994; Irmen and Thisse, 1998) や、2 人の売り手が複数の立地を選択することを想定した研究 (e.g., Pal and Sarkar, 2002; Yasuda, 2013) がある。これらの研究において、最小差別化原理と最大差別化原理のいずれが成立するかは各モデルが想定する状況によって異なっている。

既存研究では、多様な状況がモデル化されているものの、基本的なアプローチは共通している。それは、立地 (および価格) という戦略変数を有する 2 人のプレイヤーのゲーム的状況について最適化問題を解析的に解くというアプローチである。換言すれば、既存研究は、各々が設定した状況

* 鳥取大学地域学部

** 鳥取大学大学院工学研究科

について、ナッシュ均衡または部分ゲーム完全均衡を解析的に求め、どのような条件が重なり、最小差別化原理または最大差別化原理が成り立つのかに焦点を合わせている。

本論では、今後の拡張としてマルチエージェントシミュレーション (multi-agent simulation, MAS) の利用可能性を検討する。MAS とは、複数のエージェント (たとえば消費者や企業) が各々のルールに従って同時進行的に相互作用することによって、どのようなマクロ現象が創発するのかをコンピュータ上の仮想空間でシミュレートする方法である (Epstein and Axtell, 1996)。空間的競争モデルに MAS を導入することによって、複数のパラメータや時間変化をモデルに組み込むことができ、従来の解析的なアプローチでは均衡解を求めることができないような複雑な状況を描写できると考えられる。それゆえ MAS は、従来の解析的なアプローチ以上に、多くの実り豊かな示唆をもたらし得るであろう。そこで、本論の目的は、空間的競争モデルに MAS を導入することの意義について論じ、今後のモデル拡張の指針となるプロトタイプを提示することである。

本論の構成は以下の通りである。第Ⅱ節では、空間的競争に関する研究を概観し、それらの知見を整理する。続く第Ⅲ節では、今後のモデル拡張の指針として、MAS の利用可能性を検討するとともに、プロトタイプを提示する。最後に第Ⅳ節では、MAS が空間的競争モデルをどのように発展させるのかを吟味し、今後の研究への橋渡しを行う。

Ⅱ. 空間的競争モデルの展開

空間的競争に関する研究は Hotelling (1929) の先駆的モデルからスタートする。その後、多くの研究者によってモデルの拡張が試みられてきた。そうした一連の研究潮流の中で、本論は、売り手がただか 1 つの立地しか選択しない状況をモデル化した研究群をレビューする³。

ホテリングモデルでは、消費者が長さ 1 の線分に沿って一様に分布する市場において、同質財を販売する 2 人の売り手 A と B がそれぞれどのような立地を選択するのかという問題を扱っている。各消費者はたかたが 1 単位の製品を価格と移動コストの和が小さい方から購入すると仮定する。このとき、「2 人の売り手 A と B はどちらも中央に立地する」という結論が得られる。

この結論は直感的にも理解しやすい。線分市場上の売り手 A と B の立地をそれぞれ x_A と x_B とする。なお一般性を失うことなく、 $x_A = [0, 1/2]$ および $x_B = [1/2, 1]$ と定義できる。仮に A が市場の左端に立地し、 B が右端に立地したとしよう (図 1 の[a])。このとき、 A と B は立地以外の点では同質であるので、消費者は移動コストが最小となる売り手から製品を購入しようとするだろう。したがっ

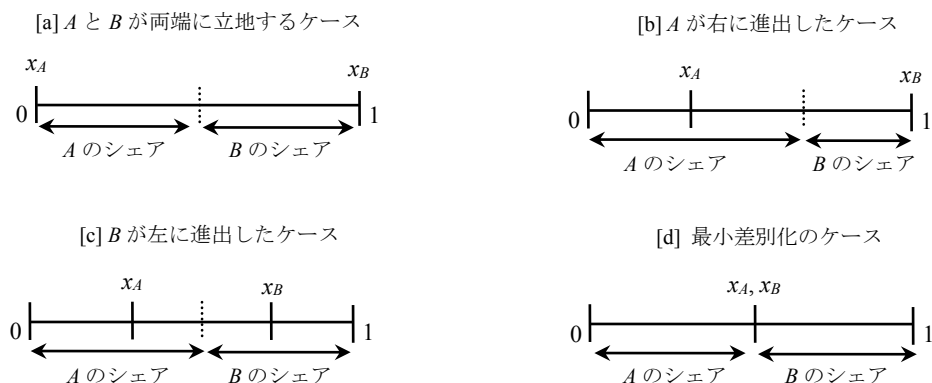


図1 ホテリングモデルの直感的理解

て、 A と B が獲得する顧客、すなわち市場シェアは図 1 の[a]の通りである。

ここで x_B を右端のまま固定して、 A が B から顧客を奪うためにより右に立地したとしよう。このとき、図 1 の[b]に示される通り A の市場シェアは拡大する。このような A による市場奪取行動を予測する B もまた同様に市場シェアの拡大を目指して、より左に立地しようとするだろう (図 1 の[c])。このような思考を A と B が同時的に行うと、最終的には最小差別化原理が示す通り、「2 人の売り手 A と B はどちらも中央に立地する」のである (図 1 の[d])。

d'Aspremont *et al.* (1979) は、ホテリングモデルと同様に消費者が長さ 1 の線分に沿って一様に分布する市場において、2 人の売り手 A と B がまず立地を選択し、それから価格を決定するという 2 段階ゲームをモデル化した。彼らの結論はオリジナルとは正反対という点で興味深い。彼らは「2 人の売り手はそれぞれ線分市場の両極に立地する」というのである (ただし後述の通り、この結論は消費者の移動コスト関数の形状に依存する)。

彼らの結論もまた直感的に理解しやすい。なぜなら、彼らの結論は、「2 人の売り手の差別化の程度が小さいほど、価格競争が激化する一方で、逆にその程度が十分に大きいほど、売り手は価格競争を回避することができる」という古典的な製品差別化の議論と一致するからである。

線分市場の任意の点 x_i ($x_i \in [0,1]$) に居住する消費者 i の移動コストを $t|x_i - x_A|$ および $t|x_i - x_B|$ 、売り手 A と B の価格をそれぞれ p_A と p_B とし、市場の境界点を \hat{x} としよう。消費者 i は価格と移動コストの和が小さい方 ($\min(p_A + t|x_i - x_A|, p_B + t|x_i - x_B|)$) から製品を 1 単位だけ購入する。ここで売り手 A と B が同じ立地を選択したとしよう。このケースにおいて、線分市場の任意の点 x_i に居住する消費者 i にとって、 A と B への移動コストは同じであるから、彼らはより低価格な売り手から製品を購入するはずである。それゆえ、このケースにおいて、売り手は値下げのインセンティブを持つのである⁴。

逆に売り手 A と B が異なる立地を選択するケースを検討しよう。まず A と B が線分市場の両端に立地するケースにおいては、 \hat{x} よりも左側を A が独占し、 \hat{x} よりも右側を B が独占することになる (図 2 の[a])。次に、 p_A と p_B を所与として、 x_B を右端のまま固定した状態で、 A がより中央に進出したとしよう。このとき、 A の市場シェアは増大する (図 2 の[b])。このように自社の立地を線分市場の中央に近づけていくことによって、自社のシェアが増加する効果を直接効果またはマーケットシェア効果という (丸山・成生, 1997; Cabral, 2000)。さらに、このケースにおいて、 x_A と p_A を所与として、 B のみが値下げしていくと、 B の市場シェアは増大するのに対して、 A の市場シェアは減少する (図 2 の[c])。 B がさらに値下げした図 2 の[d] のケースにおいては、 B が市場を独占することになる。このような一方の立地が中央に近づくことで競合他社が値下げし、自社の市場シェアが変化することを戦略効果という (丸山・成生, 1997; Cabral, 2000)。

A (または B) が中央に向けて移動すると、 A (または B) の市場シェアが増大する一方で、そうした A (または B) の行動に伴って減少した市場シェアを取り戻すべく競合他社 B (または A) は値下げを行い、その結果として、 A (または B) の市場シェアは減少する (図 3)。したがって、このゲームにおいて、売り手の立地行動は自社の市場シェアに対して正の効果 (直接効果) と負の効果 (戦略効果) を有するため、二者の最適立地は 2 つの効果のどちらが大きいかに依存する。2 つの効果の和が正、すなわち直接効果の方が戦略効果よりも大きい場合、二者は中央に立地するインセンティブを持つのに対して、その和が負、すなわち直接効果の方が戦略効果よりも小さい場合、二者はできる限り離れて立地するインセンティブを持つのである。

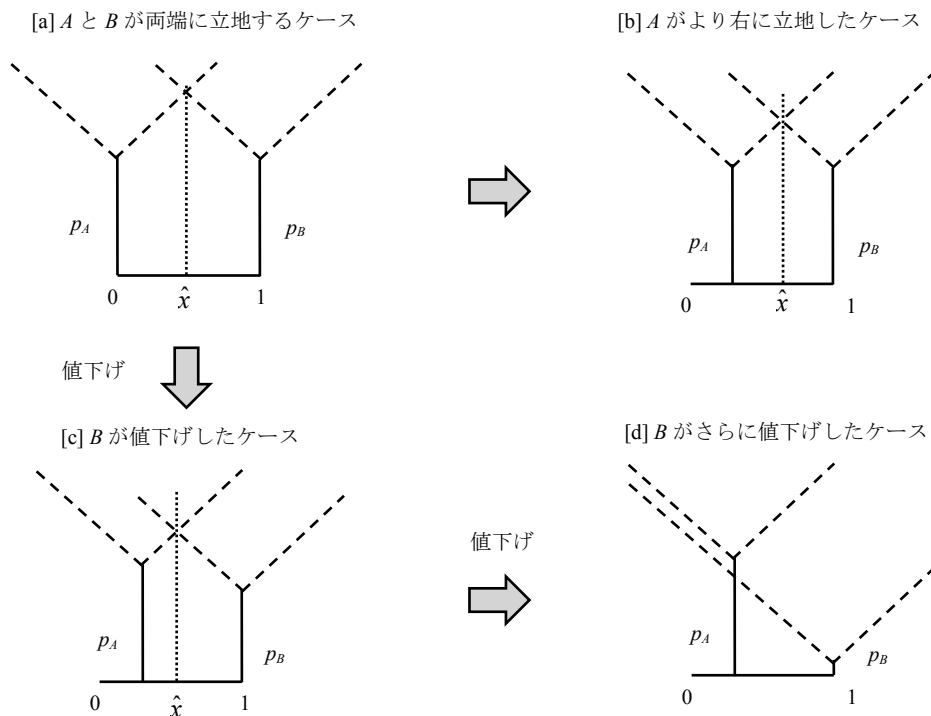
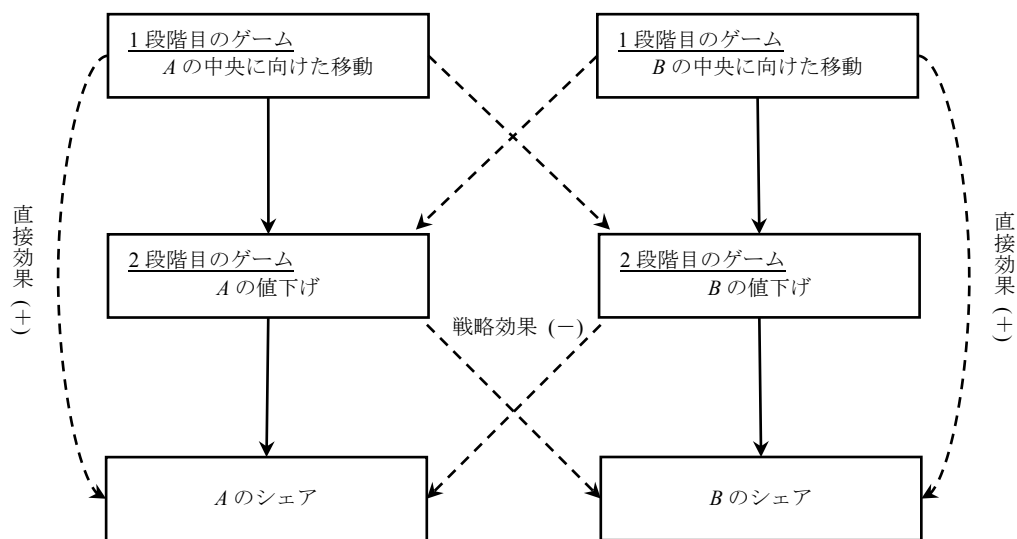


図2 立地—価格の2段階ゲームの直観的理解



※ 点線は市場シェアに対する効果で、実線はゲームのタイミングを表している。

図3 立地—価格の2段階ゲームにおける直接効果と戦略効果

立地と価格の両方について均衡解が存在するかどうかは移動コスト関数の形状に依存するという。移動コスト関数が線形の場合、直接効果の方が戦略効果よりも大きいため、企業は中央に立地するインセンティブを持つと同時に、二者が十分に近接しているとそれぞれ値下げのインセンティブを持つ⁵。したがって、移動コスト関数が線形、つまり $t|x_i - x_A|$ の場合、価格と立地に関して均衡解が存在しないことになる。なぜなら、直接効果の方が戦略効果よりも大きいため、二者の立地は中央に近づくものの、近接しすぎると、各々が値引きを行うからである。その一方で、移動コストが 2 次関数、つまり $t|x_i - x_A|^2$ の場合、戦略効果の方が直接効果よりも大きいため、二者はそれぞれ線分市場の両極に立地するのである。

Hotelling (1929) および d'Aspremont *et al.* (1979) は、単位弾力的な需要を仮定していた。つまり、彼らは、どんなに価格や移動コストが大きい場合であっても、消費者は必ず製品を 1 つ購入する状況を想定しているのである。しかし、移動コストがあまりにも大きい場合、消費者は製品の購入をあきらめるかもしれない。Economides (1984) は、ホテルリングモデルに留保価格を導入することによって、移動コストが大きすぎるために消費者が製品を購入しないという現象のモデル化に成功している。彼のモデルでは、消費者は価格と移動コストの和が留保価格以下の場合には、製品を購入するが、留保価格を超えると、製品を購入しないと仮定される。ここで 2 人の売り手が線分市場の両極に立地するとしよう。このとき、留保価格が十分に低いと、中央付近の消費者は移動コストが高いため製品を購入しないと考えられる。それゆえ、そのような消費者を取り逃がさないためには、売り手はより内部に立地する必要があるものの、価格競争があるため、二者は中央には立地しないと考えられる。

Anderson and Neven (1991) は、価格競争ではなく、数量競争を空間的競争モデルに導入した⁶。彼らは、まず 2 人の売り手が線分市場において立地を選択し、次に数量を決定するという 2 段階ゲームをモデル化し、二者は線分市場において中央に立地するということを明らかにしている⁷。また価格競争を想定した d'Aspremont *et al.* (1979) のモデルにおいて、消費者は価格と移動コストの和が小さい売り手から製品を購入すると仮定されているが、Anderson and Neven (1991) においては、売り手が輸送費（距離に依存する関数）を負担すると仮定されている。つまり、売り手は、自社の立地点 x_A （または x_B ）から、線分市場の任意の点 x_i に居住する消費者に製品を配送し販売するというのである。それゆえ、後者のモデルでは、売り手は市場全体に製品を供給させるために、できる限り輸送費を低くしようとするインセンティブが働くという。さらに Anderson and Neven (1991) の拡張は、d'Aspremont *et al.* (1979) 流の空間的競争モデルを数量競争に変更したことだけに留まらない。彼らは、需要関数と移動コストが線形である場合、売り手の数に関係なく、中央に立地することが唯一の均衡解であることを明らかにしている。

Pal (1998) は、Anderson and Neven (1991) 流の空間的競争モデルを円環市場へと拡張した。このモデルでは、円周が 1 の円環上に消費者が一様に分布しており、売り手は円環上の任意の点に立地すると仮定される (Salop, 1979)。この拡張の興味深い点は、その結論が線分市場の結論と逆になっている点である。先述の通り、線分市場においては、「2 人の売り手はどちらも中央に立地する」という最小差別化原理が導かれる (図 4 の [a])。しかし、円環市場においては、「2 人の売り手は等間隔に立地する」という結論が導かれている。つまり、図 4 の [b] が示す通り、2 人の売り手の立地は円の中心を挟んで互いに相対するよう立地するのである。

これまで 1 次元上の市場を想定した空間的競争モデルの研究群をレビューしてきたが、市場空間を 2 次元へと拡張した研究群も存在している。Tabuchi (1994) は、d'Aspremont *et al.* (1979) 流の空間

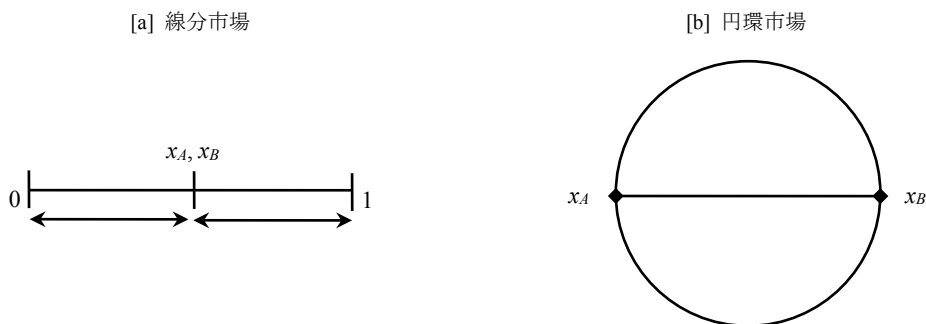
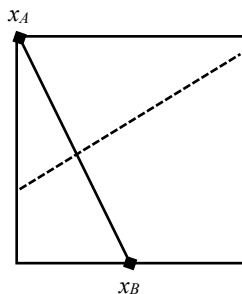
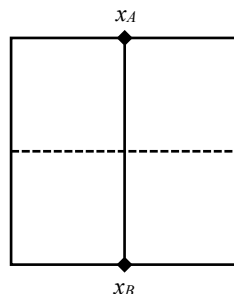


図4 立地—数量の2段階ゲームの立地均衡

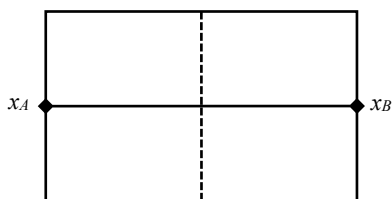
[a] 市場空間が正方形の場合の非立地均衡



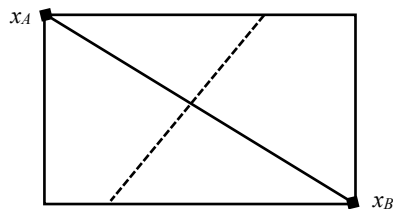
[b] 市場空間が正方形の場合の立地均衡



[c] 市場空間が長方形の場合の立地均衡



[d] 市場空間が長方形の場合の非立地均衡



※点線は限界消費者

図5 2次元の市場空間における立地均衡

的競争モデルを2次元空間へと拡張した。彼は、2次元空間において、消費者が一様に分布しており、なおかつその空間が凸集合である場合に均衡解が存在することを示している。また、市場空間が正方形に近いほど、一方の売り手が角に立地することを所与とすると、他方の売り手にとってはその角からもっとも遠い辺の中点に立地することが最適となるが(図5の[a])、これは均衡解ではない。このケースにおいては、一方が任意の辺の中点に立地し他方がそれ以外の辺の中点に立地するという状況が均衡解になるという(図5の[b])。その一方で、市場空間が細長い長方形になるほど、2人の売り手は1つの次元——具体的には製品差別化の余地が大きい、すなわち長方形の長い辺——については最大限に製品差別化を行うが、いま1つの次元——具体的には製品差別化の余地が小さい、すなわち長方形の短い辺——については製品差別化を行わなくなる(図5の[c])。

図5の[d]に示されるように2人の売り手が長方形の対角上に立地することは均衡解ではないという点は興味深い。このことは、価格競争を避けるには、1つの次元のみを差別化すれば十分であり、他の次元については、差別化する必要がないということを示唆している。この点については、市場空間を N 次元へと拡張した Irmen and Thisse (1998) においても同様の結論が得られている。彼らは、ある1つの次元(製品属性)については差別化最大、すなわち2人の売り手は両極に立地し、それ以外の次元についてはすべて差別化最小という状況が均衡になることを明らかにしている。

また Tabuchi は、既に先行研究で示されている直接効果と戦略効果に次ぐ、3つ目の立地選択要因の存在を明らかにしている。それは売り手 A と B を無差別に評価する消費者——彼はこれを限界消費者 (marginal consumer) と呼称している——の数を最小化するように立地を選択するというものである。Tabuchi によれば、限界消費者の数が多いほど、価格競争は激化する。なぜなら、売り手は、値下げによって、限界消費者を獲得することができるからである。

以上の通り、既存の空間的競争モデルにおいて、最小差別化原理と最大差別化原理のいずれが成立するかはモデルが想定する状況によって異なっている。とはいえ、既存研究においては、解析的に解くことができる状況のみが扱われている。しかし、現実には、均衡解を求めることができないような状況がより多く存在しているはずであり、後述の通り、そうした状況を扱うには MAS が有効であろう。

Ⅲ. 空間的競争の MAS

MAS は、与えられたルールに基づいて自律的に行動・意思決定・学習などを行う「エージェント」を単位とし、互いに相互作用する多数のエージェントの振る舞いをコンピュータ上に再現する手法である。工学分野では、個々のエージェントでは解決が困難な課題をシステム全体として達成するような仕組みの設計・解析に用いられている (Mesbahi and Egerstedt, 2010; 東・永原・石井・林・桜間・畑中, 2015)。また、社会科学においても、複雑な社会現象をボトムアップ的に解析する方法として注目されており、交通・避難などの分野における応用が進んでいる (森, 2014)。本論が対象としている空間的競争モデルにおいては、消費者や売り手はそれぞれ購入製品を選好したり、立地や価格を選択したりする意思決定主体であり、エージェントモデルとして自然な記述ができる。第Ⅱ節で紹介したように、これまでの空間的競争に関する研究はゲーム理論に基づく解析的なアプローチが中心であり、静的でシンプルなモデルが扱われてきた。これに対して MAS のようなボトムアップなアプローチをとれば、より複雑で多様なモデルを自然な形で記述することができ、空間的競争に関する研究対象を大きく広げる可能性がある。

そこで本研究では、空間的競争に関する研究における MAS の利用可能性を検討するためのプロトタイプとして、第Ⅱ節でレビューした Tabuchi (1994) に基づく空間的競争モデルをエージェントベースな形で記述し、シミュレーションを構築した。本節では構築したプロトタイプと、それを用いた基本的なシミュレーション結果について紹介する。なお、プロトタイプの構築には株式会社構造計画研究所が配布している「artisoc 4.0 standard⁸」を用いた。artisoc はグラフィカルインターフェースによる直感的な操作を特徴とした MAS 構築プラットフォームである (山影, 2007)。アニメーション出力を伴う MAS を素早く簡単に構築することができるため、MAS に関連する研究や教育においてしばしば活用されている (e.g., Miura, Tokunaga and Sakurama, 2016; 三浦, 2017)。

プロトタイプでは2次元市場空間に分布する多数の消費者と、製品を販売する売り手 A と B をエージェントとして扱った。シミュレーションは、売り手エージェントが自らの利益 (価格 \times シェア)

を最大化する立地と価格を探索する「探索フェーズ」と、探索フェーズによって見出した最大利益を実現する条件に立地と価格を更新する「更新フェーズ」からなる。 A の探索フェーズでは、 B の現在の立地と価格を固定したときに自らの利益を最大化する立地と価格を探索する(同様に B の探索フェーズでは A の立地と価格を固定する)。探索は適当な幅で立地と価格を格子状に区切り、全ての格子点における利益を調べる総当り方式とした。シミュレーションではまず A の探索フェーズが実行された後、更新フェーズで A の立地と価格が更新される。その後 B の探索フェーズに移り、更新フェーズで B の立地と価格が更新される。ここまでの1ステップとし、次のステップに進んで再び A の探索フェーズが実行される。このように、 A と B が交互に利益を最大化するように立地と価格を探索・更新し、どちらも2ステップ以上の期間で立地と価格が変化しなくなったとき、シミュレーションを終了する。お互いに対して立地と価格を変化させ続け、シミュレーションが終了しないケースもある。消費者エージェントは探索フェーズにおいても更新フェーズにおいても、 A と B を価格と移動コストの和($p_A + t|x_i - x_A|, p_B + t|x_i - x_B|$)によって評価し、その値が小さい方を購入対象とする。シミュレーションの結果表示においては、どちらを購入対象としたかを見て取れるように、消費者エージェントから見て購入対象となる売り手エージェントに対して点線が引かれるようにした。図6にステップ終了時の表示の例を示す。四角は売り手 A 、丸は売り手 B を表す。

図7はプロトタイプの実行結果の一例であり、売り手の立地のステップごとの変化である。このケースでは市場空間を長方形とし、売り手 A と B が向かい合う短辺の中点にいる状態を初期状態(図7の[a])とした。また、300の消費者エージェントを格子状に様に配置し、移動コストは2次関数とした。シミュレーションは図7の[d]のように A と B が市場空間の中央付近に配置された形で終了した。

第II節で触れた通り、ゲーム理論に基づく従来の空間的競争モデルでは、移動コストが2次関数である場合には戦略効果が直接効果を上回り、売り手が互いに遠ざかるような結果となる。プロトタイプのMASの実行結果はこれとは逆に、どちらの売り手も市場空間の中央付近に集まるような

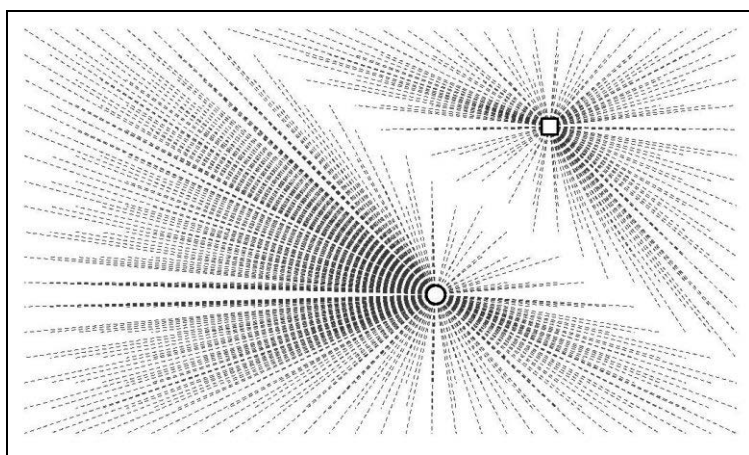


図6 結果表示の例

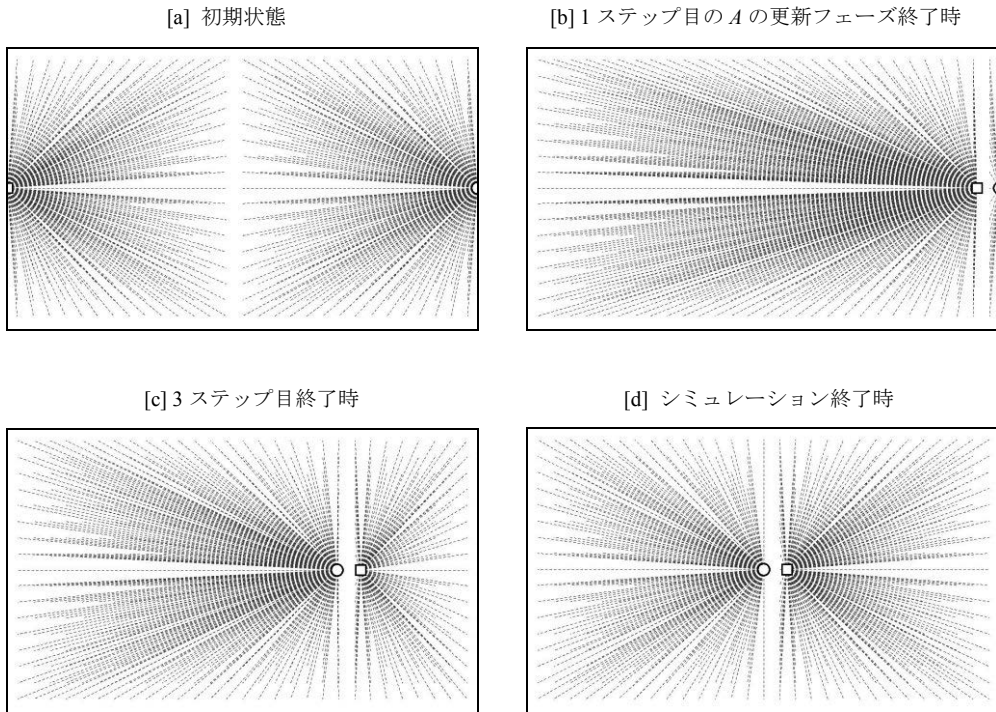


図7 シミュレーション結果

配置となっており (図7の[d]), 従来の空間的競争モデルの結果を再現していない。これは、今回のプロトタイプにおける売り手の行動モデルが、自身の更新結果に応じた相手の動きを予測することなく、相手の立地と価格を固定した場合での利益最大化を逐次的に考えるようなものになっているためである。

このように、本節で紹介したプロトタイプは必ずしも従来の空間的競争モデルの自然な拡張となっているわけではないが、今後はこのプロトタイプを改良・発展させていくことで、空間的競争モデルに対する MAS の導入と、それによる新しい研究展開の可能性を開拓することを目指す必要があるだろう。

IV. 展望

社会現象は、各々のルールに従って行動する多様なマイクロ主体 (たとえば、消費者、企業、政府など) の相互作用によって生じ、彼らは自身の行動を制約するゲームのルールとしての制度 (North, 1990) やマイクロ主体の相互作用によって創発されるマクロ現象 (Coleman, 1992) からの影響を受けるため、極めて複雑である。そうした複雑な社会現象の1つであろう小売業者の立地競争や製造業者の製品差別化競争は、解析的なアプローチのみでは完全に捉えることができない可能性がある。MAS は、以下の3つの点に関して、解析的なアプローチが有する限界を克服し得るであろう。

第1に、既存研究は消費者分布を等閑視している。既存研究において、1次元の線分市場にせよ2次元の平面市場にせよ、いずれにしても一様分布が仮定されていた。しかし、現実には消費者分布は多様であり、なおかつダイナミックに変化するはずである。その変化は企業のマーケティング活

動によってコントロールできる場合もあれば、まったく予想がつかない方向に変化する場合もあるだろう。とはいえ、そうした消費者嗜好の変化に如何に適応するかはメーカーにとって重要な課題である。時間の経過とともに消費者嗜好が大きく変化したことによって、ある時点においては、最適であった立地点が競争優位性を失うということもあり得る。持続的な競争優位を構築するには、売り手は市場環境の変化に素早く反応しリポジショニングする必要がある。売り手のリポジショニングは経路依存的に決まる可能性もある。極端に言えば、いくら市場環境が変化したからと言って、2次元の市場空間上の任意の角からその対角に移動することは不可能であろう。なぜなら、企業が蓄積してきた経営資源 (Barney, 1991) や組織能力 (Chandler, 1992; Langlois and Robertson, 1995) が慣性や制約として働くと考えられるからである。空間的競争モデルで言えば、現時点での立地が次点の立地先を制約するのである。既存の空間的競争モデルでは1回限りのゲームを想定していたが、消費者分布の時間変化や売り手のリポジショニングを考慮に入れて、モデルを繰り返しゲームへ拡張することは興味深いであろう。MASは、たとえ消費者分布がランダムに変化する状況であっても、モデルの状況やエージェントの行動ルールを明確に記述することができれば、シミュレーションを実行することができる。複雑かつダイナミックな状況において、パラメータの違いによって、最小差別化原理と最大差別化原理のいずれが導かれるか、あるいはまったく異なる立地が実現するかは興味深い問題である。

第2に、空間的競争モデルでは、市場空間が明確に定まっており、その中で企業が顧客に反応するという現象だけが描写されており、既存の競争軸に捉われず、新たな市場空間を模索し創造するという現象が看過されている。顕在化された顧客の声に反応することだけがマーケティングなのではなく、顧客自身が気づいていない潜在的なニーズを掘り起こして市場を創造することもまたマーケティングである (cf. Narver, Slater, and MacLachlan, 2004; 栗木・水越・吉田, 2012)。こうした新しい競争軸の創造を説明するには March (1991) の探索－活用モデルや Gavetti (2012) の戦略の行動理論が有用かもしれない。まず March (1991) によれば、探索 (exploration) とは新しい知識やノウハウの発見や創造であり、活用 (exploitation) とは既存の知識やノウハウの効率化や改良である。また、企業のイノベーションや持続的競争優位の構築には、探索と活用のバランスが重要であるが、往々にして企業は、不確実性が伴う探索を怠り、成果に対して直接的に結びつきやすい活用を重視しがちになるという (Levinthal and March, 1993)。March (1991) を参照し学習メカニズムの違いを空間的競争モデルに組み込むことによって、新たな市場空間を模索し創造する企業行動をモデル化できるのである。次に Gavetti (2012) は、市場空間上で見逃されている有望な機会を「認知的に遠い」機会と定義した上で、そのような機会を発見し事業に結びつけることによって、高い企業パフォーマンスが実現され得ると主張している。しかし、彼はそれを達成するのは難しいとも述べている。なぜなら、もし有望な機会が認知的に遠いものだとなれば、そのような機会を認識するには、心理的な飛躍を必要とするはずだからである。こうした認知的に遠い機会の発見には、演繹的な思考方法ではなく、アナロジーが有効であるという (Gavetti, Levinthal and Rivkin, 2005)。MASは、学習メカニズムや思考方法を明確にルール化することさえできれば、既存の市場空間上での競争と、新しい市場空間や次元を創造する競争を描くことができるであろう。

最後に、MASを用いた空間的競争モデルの拡張は、小売業者の立地競争や製造業者の製品差別化などのマーケティング分野だけに限定されるものではなく、地域課題の解決への糸口を発見する可能性を秘めている。なぜなら、鳥取県に代表される中山間地域にとって喫緊の課題である買い物弱者問題や商店街の空き家問題などは、消費者と小売業者の相互作用によって生じる小売立地構造の

生起・変遷プロセスとして解釈することができるからである⁹。小売業者の集中的な立地を個々の企業の利潤最大化行動の帰結として説明することを目指した空間的競争モデルを、大型店の郊外出店によって打撃を受けた中小小売店の生存または撤退行動として捉え直すこともできるはずである。また、デモグラフィックデータを用いて、加齢や核家族化に伴う移動コストの時間変化を推定したり、空間データと接合したりして MAS を実装することによって、自治体による買い物弱者支援に対して有益な示唆を提供することが期待できよう。

本論で提示したシミュレータはプロトタイプであり、ゲーム理論が想定する戦略的状況を組み込めていない。それゆえ、本論のシミュレータの結果は既存研究の解析的なアプローチとは一致していない。本論では、このプロトタイプを、小売業者の立地競争や製造業者の製品差別化についての新たな研究のスタートラインとみなしている。したがって、今後、このプロトタイプを改良することによって、既存の空間的競争モデルを再現するだけでなく、既存モデルが描写しえない複雑な状況をモデル化することが急務であろう。本論は、あくまでもプロトタイプの提示に留まっているものの、MAS が解析的なアプローチでは扱えないような状況をモデル化でき、モデルからより現実的な政策的インプリケーションを引き出すことが期待できることを指摘した点において、今後の研究の貴重な羅針盤になるであろう。

¹ 本論で言うところの“立地”は、小売業者がある特定の場所に店舗を構えるという意味だけでなく、属性空間上の特定の点にポジショニングするという意味も含まれる。

² Hotelling (1929) 自身も「競争活動の領域で観察されるこうした傾向 (最小差別化) は、たとえ所謂経済活動とかけはなれた領域でも一般的である。政治学はその際立った典型例であろう。共和党と民主党の選挙戦での明確な姿勢の違い、すなわち、投票者が選び得る 2 つの対照的な立場は表れてこない。その代わりに、各政党は互いにできるだけ他方に似たプラットフォームを作ろうと努めるのである」(p.54) と述べている。

³ 売り手が複数の立地を選択する状況を想定した研究も存在している (e.g., Pal and Sarkar, 2002; Janssen, Karamychev, and van Reeve, 2005; Yasuda 2013)。たとえば、そうしたケースとしては、小売業者による多店舗展開や製造業者によるライン拡張などが考えられる。この問題は、本論では扱わないが、マルチエージェントシミュレーションによる拡張可能性が高い領域であろう。

⁴ 2 人の売り手が同じ立地を選択した場合、ベルトラン競争が行われて、 p_A と p_B は限界費用と等しい水準まで低下する。

⁵ 詳細については、丸山・成生 (1997) を参照のこと。

⁶ 空間的競争モデルに限らず、価格競争と数量競争のいずれが妥当であるかは興味深い問題である。Kreps and Scheinkman (1983) は、生産量よりも価格の方を柔軟に変更できる場合、価格競争が妥当であり、逆に価格よりも生産量の方を柔軟に変更できる場合には、数量競争が妥当であると述べている。価格訴求型の広告が有効な場合、価格競争が妥当であり、生産能力が価格設定に先立って決定されるような重工業では数量競争が妥当であろう (Pal, 1998)。

⁷ Anderson and Neven (1991) のモデルでは、線分市場の任意の点 x の逆需要関数が $P(x) = a - bQ(x)$ で与えられる。

⁸ artisoc 4.0 standard は学生および教育機関教職員に対して無償で配布されている。株式会社構造計画研究所の WEB サイト (<http://mas.kke.co.jp/>) から入手することができる。

⁹ 買い物弱者に関する研究では、自宅から最寄りの飲食料点小売店までの距離を算出し、自宅から 500 メートル以内に飲食料点小売店が存在しない地域を特定するといった試みが行われている (e.g., 薬師寺・高橋, 2012; 岩間, 2013)。しかし、こうした研究では消費者の買い物行動の変化や多様性を描写することができていない。今後、MAS を用いた拡張版空間的競争モデルを構築することによって、大規模小売業者の店出による既存の中小小売店の影響や消費者の買い物行動変化を捉えることができるであろう。それゆえ、MAS を用いた空間的モデルの構築は買い物弱者に関する研究に対しても大きく貢献する可能性を秘めている。

参考文献

- Anderson, S. P. and D. J. Neven (1991), "Cournot Competition Yields Spatial Agglomeration," *International Economic Review*, 32 (4), 793–808.
- 東俊一・永原正章・石井秀明・林直樹・桜間一徳・畑中健志 (2015), 『マルチエージェントシステムの制御』, コロナ社。
- Barney, J. B. (1991), "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage," *Journal of Management*, 17 (1), 99–120.
- Brown, S. (1989), "Retail Location Theory: The Legacy of Harold Hotelling," *Journal of Retailing*, 65 (4), 450–170.
- d'Aspremont, C., J. J. Gabszewicz, and J-F. Thisse (1979), "On Hotelling's "Stability in Competition"," *Econometrica*, 47 (5), 1145–1150.
- Cabral, L. M. B. (2000), *Introduction to Industrial Organization*, MIT Press.
- Chandler, A. D. Jr. (1992), "Organizational Capabilities and the Economic History of the Industrial Enterprise," *Journal of Economic Perspectives*, 6 (3), 79–100.
- Coleman, J. S. (1990), *Foundations of Social Theory*, Harvard University Press.
- Economides, N. (1984), "The Principle of Minimum Differentiation Revisited," *European Economic Review*, 24 (3), 345–368.
- Epstein, J. M. and R. L. Axtell, (1996), *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*, Bradford Book.
- 邦訳 服部正太・木村香代子 (1999), 『人口社会: 複雑系とマルチエージェント・シミュレーション』, 共立出版。
- Gavetti G. (2012), "Toward a Behavioral Theory of Strategy," *Organization Science*, 23 (1), 267–285.
- , D. A. Levinthal and J. W. Rivkin (2005), "Strategy Making in Novel and Complex Worlds: The Power of Analogy," *Strategic Management Journal*, 26 (8), 691–712.
- Hotelling, H. (1929), "Stability in Competition," *Economic Journal*, 39 (153), 41–57.
- Irmen, A. and J-F, Thisse (1998), "Competition in Multi-characteristics Spaces: Hotelling Was Almost Right," *Journal of Economic Theory*, 78 (1), 76–102.
- 岩間信之 編 (2013), 『フードデザート問題: 無縁社会が生む食の砂漠』, 農林統計協会。
- Janssen, M. C. W., V. A. Karamychev, and P. van Reeve (2005), "Multi-store Competition: Market Segmentation or Interlacing?" *Regional Science and Urban Economics*, 35 (6), 700–714.
- Kreps D. M. and J. A. Scheinkman (1983), "Quantity Precommitment and Bertrand Competition Yield Cournot Outcomes," *Bell Journal of Economics*, 14 (2), 326–337.
- 栗木契・水越康介・吉田満梨, (2012), 『マーケティング・リフレーミング: 視点が変わると価値が生まれる』, 有斐閣。
- Lancaster, K. (1990), "The Economics of Product Variety: A Survey," *Marketing Science*, 9 (3), 189–206.
- Langlois, R. N. and P. L. Robertson, (1995), *Firms, Markets and Economic Change: A Dynamic Theory of Business Institutions*, Routledge.
- 邦訳 谷口和弘 (2004), 『企業制度の理論: ケイパビリティ・取引費用・組織境界』, NTT 出版。
- Levinthal, D. A. and J. G. March (1993), "The Myopia of Learning," *Strategic Management Journal*, 14 (5), 95–112.
- March, J. G. (1991), "Exploration and Exploitation in Organizational Learning," *Organization Science*, 2 (1), 71–87.
- 丸山雅祥・成生達彦 (1997), 『現代のミクロ経済学: 情報とゲームの応用ミクロ』, 創文社。
- Miura, M., Tokunaga, Y. and Sakurama, K. (2016), "Graphical and Scalable Multi-Agent Simulator for Real-time Pricing in Electric Power Grid," *Artificial Life and Robotics*, 21 (2), 181–187.

- 三浦政司 (2017), 「教養教育としての複雑系科学入門授業: 初学者による MAS 構築の実践」, 『オペレーションズ・リサーチ』, 62 (8), in press.
- Mesbahi, M. and M. Egerstedt (2010), *Graph Theoretic Methods in Multi-agent Networks*, Princeton University Press.
- Moorthy, K. S. (1993), "Theoretical Modeling in Marketing," *Journal of Marketing*, 57 (2), 92–106.
- 森俊勝 (2014), 「日本におけるマルチエージェントシミュレーション活用の動向」, 『情報処理』, 55 (6), 585–590.
- Narver, J. C., S. E. Slater, and D. L. MacLachlan (2004), "Responsive and Proactive Market Orientation and New-Product Success," *Journal of Product Innovation Management*, 21 (5), 334–347.
- North, D. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press. 邦訳 竹下公視 (1994), 『制度・制度変化・経済成果』, 晃洋書房。
- Pal, D. (1998), "Does Cournot Competition Yield Spatial Agglomeration?" *Economics Letters*, 60 (1), 49–53
- , and J. Sarkar, (2002), "Spatial Competition among Multi-store Firms," *International Journal of Industrial Organization*, 20 (2), 163–190.
- Salop, S. C. (1979), "Monopolistic Competition with Outside Goods," *Bell Journal of Economics*, 10 (1), 141–156.
- Tabuchi, T. (1994), "Two-stage Two-dimensional Spatial Competition between Two Firms," *Regional Science and Urban Economics*, 24 (2), 207–227.
- 薬師寺哲郎・高橋克也 (2012), 「生鮮食料品販売店舗への距離に応じた人口の推計: 国勢調査と商業統計のメッシュ統計を利用して」, 『GIS: 理論と応用』, 20 (1), 31–37。
- 山影進 (2007), 『人工社会構築指南: artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門』, 書籍工房早山。
- Yasuda, Y. (2013), "Instability in the Hotelling's Non-Price Spatial Competition Model," *Theoretical Economics Letters*, 3, 7–10.

「2017 年 6 月 2 日受付, 2017 年 6 月 22 日受理」